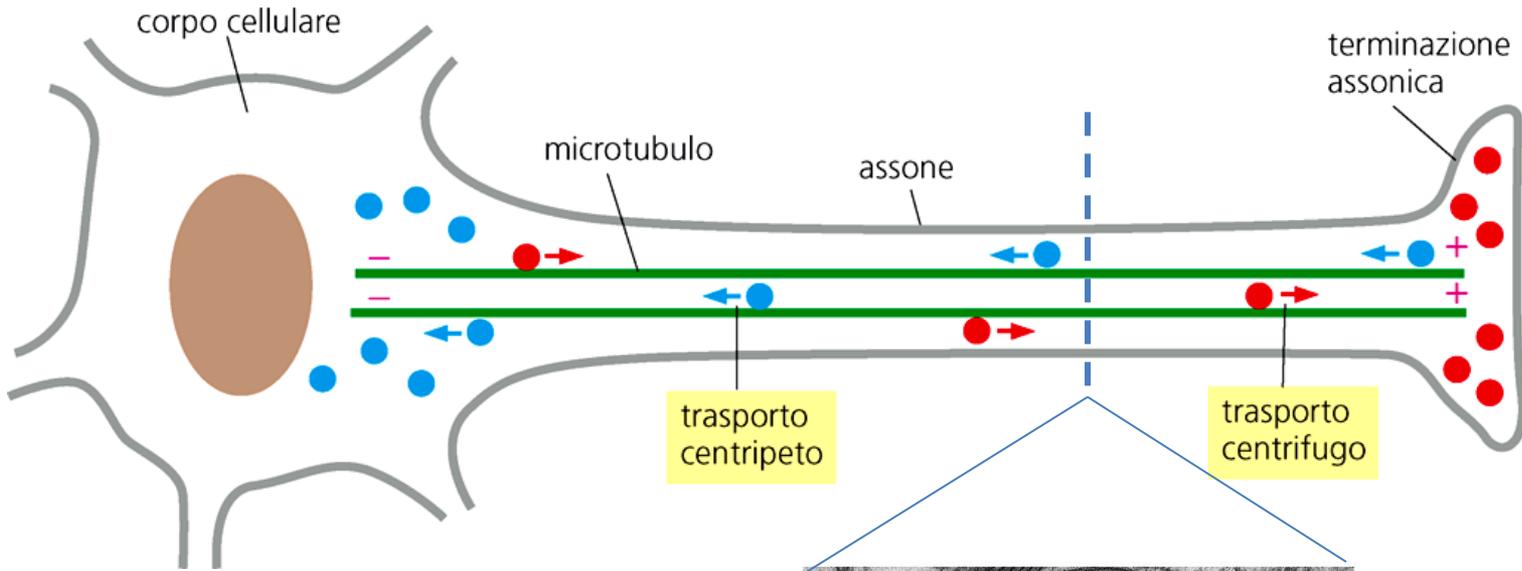
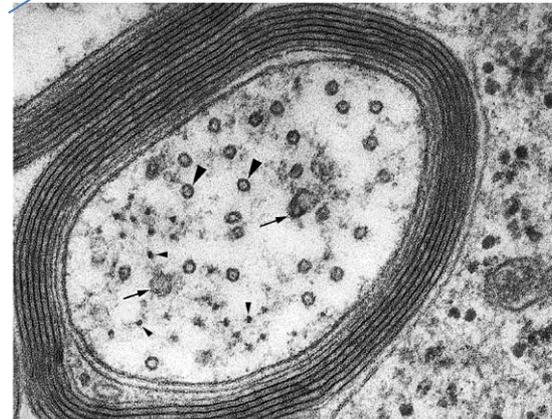


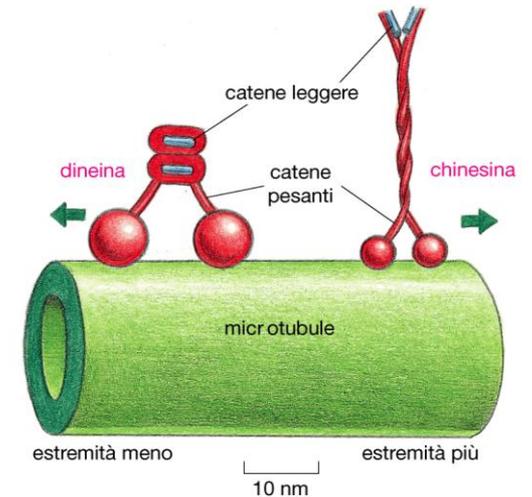
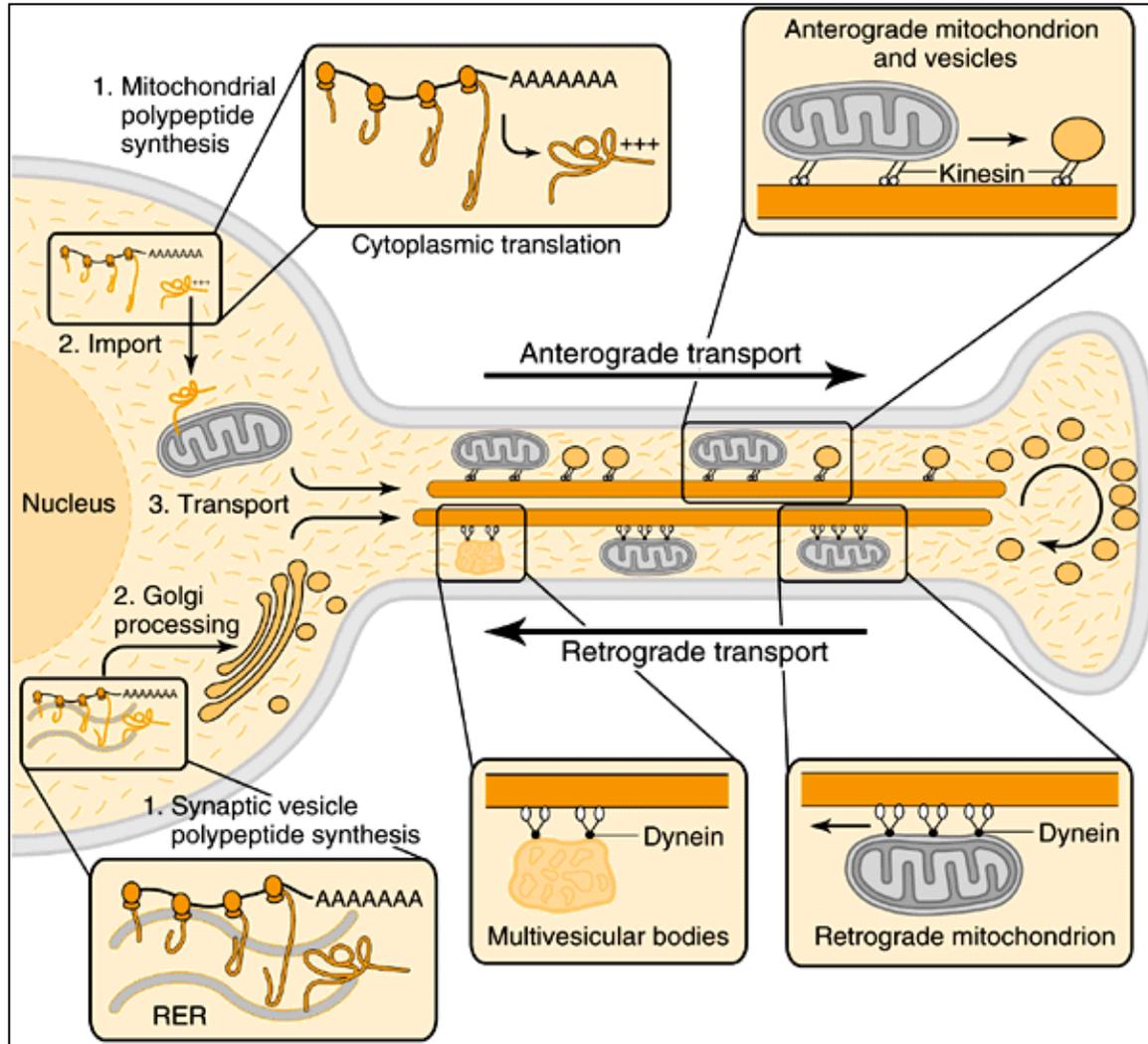
I **neuroni** sono cellule tipicamente **POLARI**. Questa polarità è conferita principalmente dalla distribuzione e l'orientamento dei MT. Nell'assone i **MT sono relativamente stabili e servono al trasporto anterogrado e retrogrado** di materiale tra il corpo cellulare e il terminale assonale



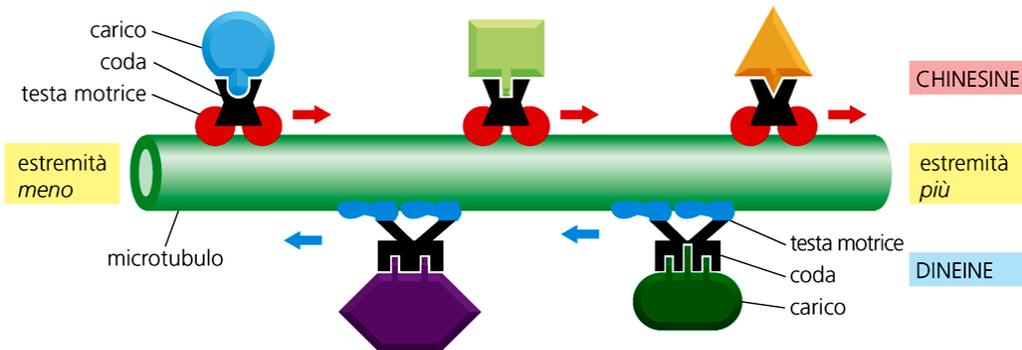
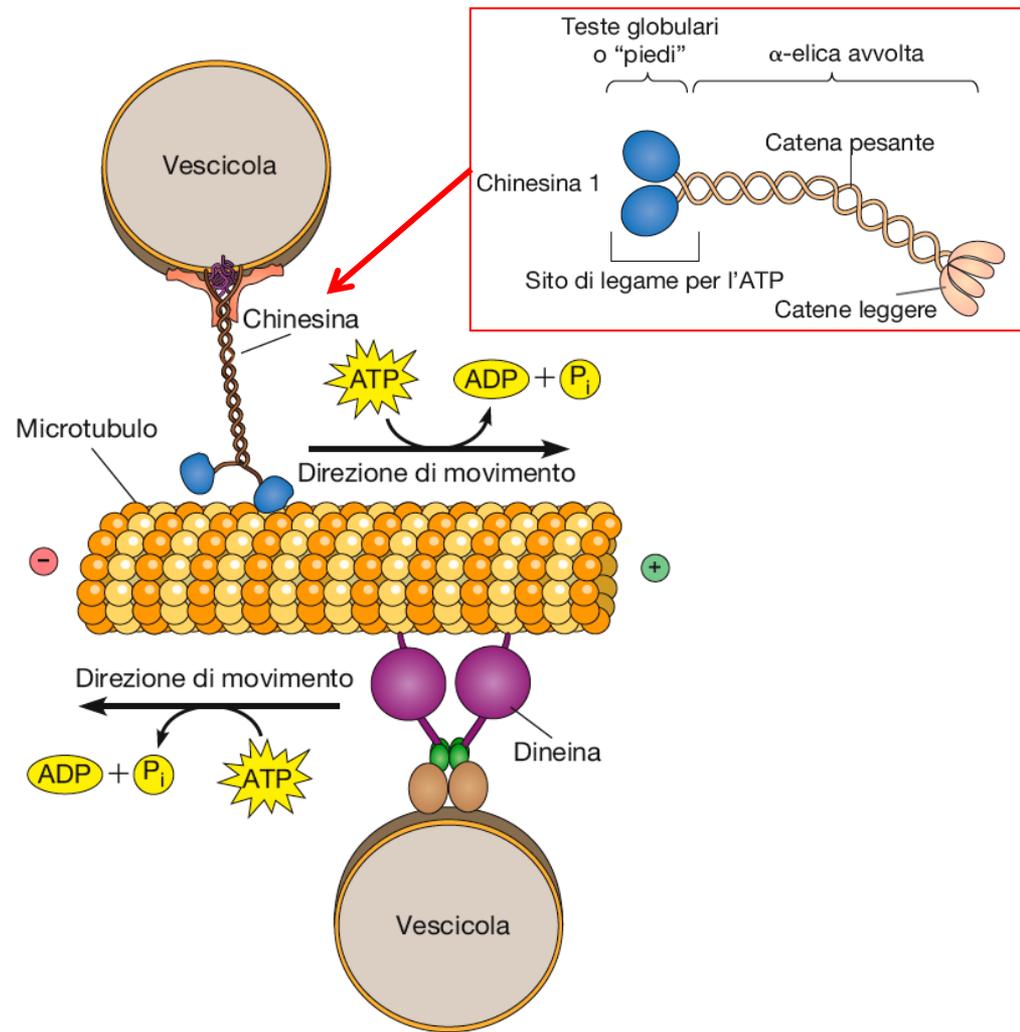
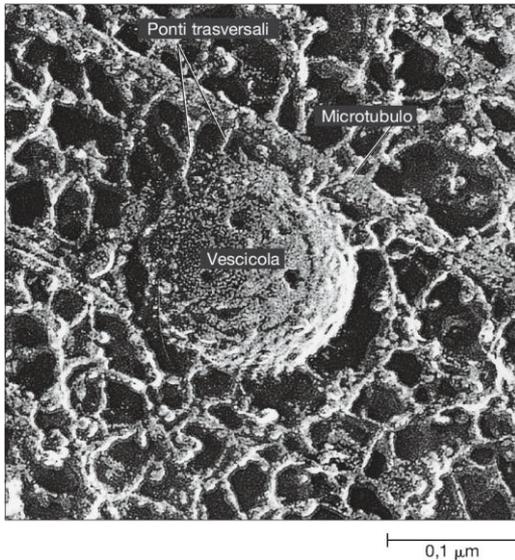
Sezione trasversale di assone al ME. Le teste delle frecce grandi indicano i microtubuli



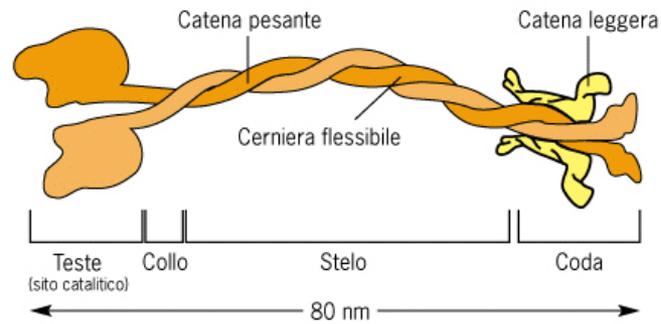
Il **Trasporto Assonale anterogrado e retrogrado** sui microtubuli è mediato da motori molecolari (chinesine e dineine)



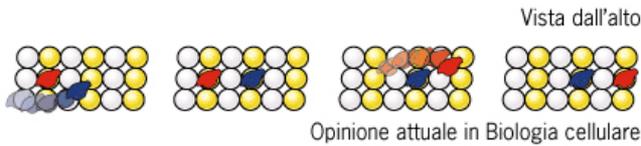
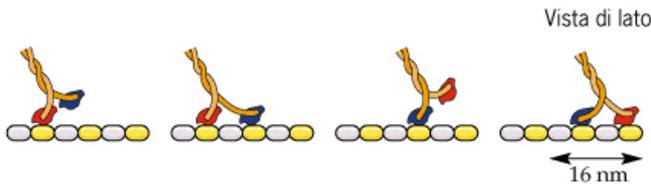
Chinesine e dineine sono proteine motrici che usano l'energia derivante dall'idrolisi dell'ATP per "camminare" lungo i microtubuli



Esistono varie forme di chinesina e dineina, ciascuna specifica per un carico diverso

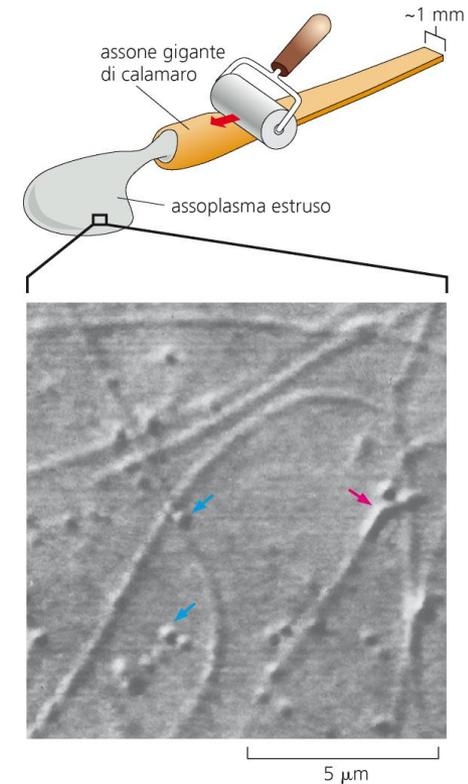


(a)



(b)

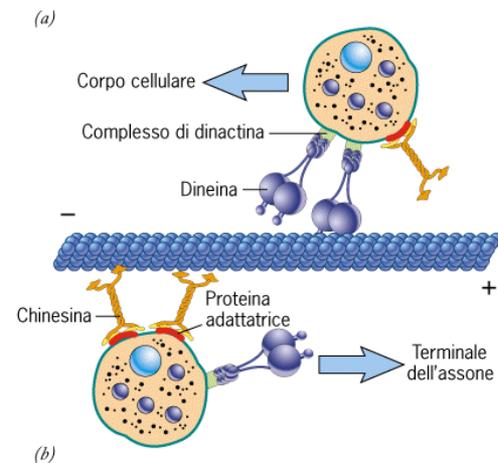
Opinione attuale in Biologia cellulare



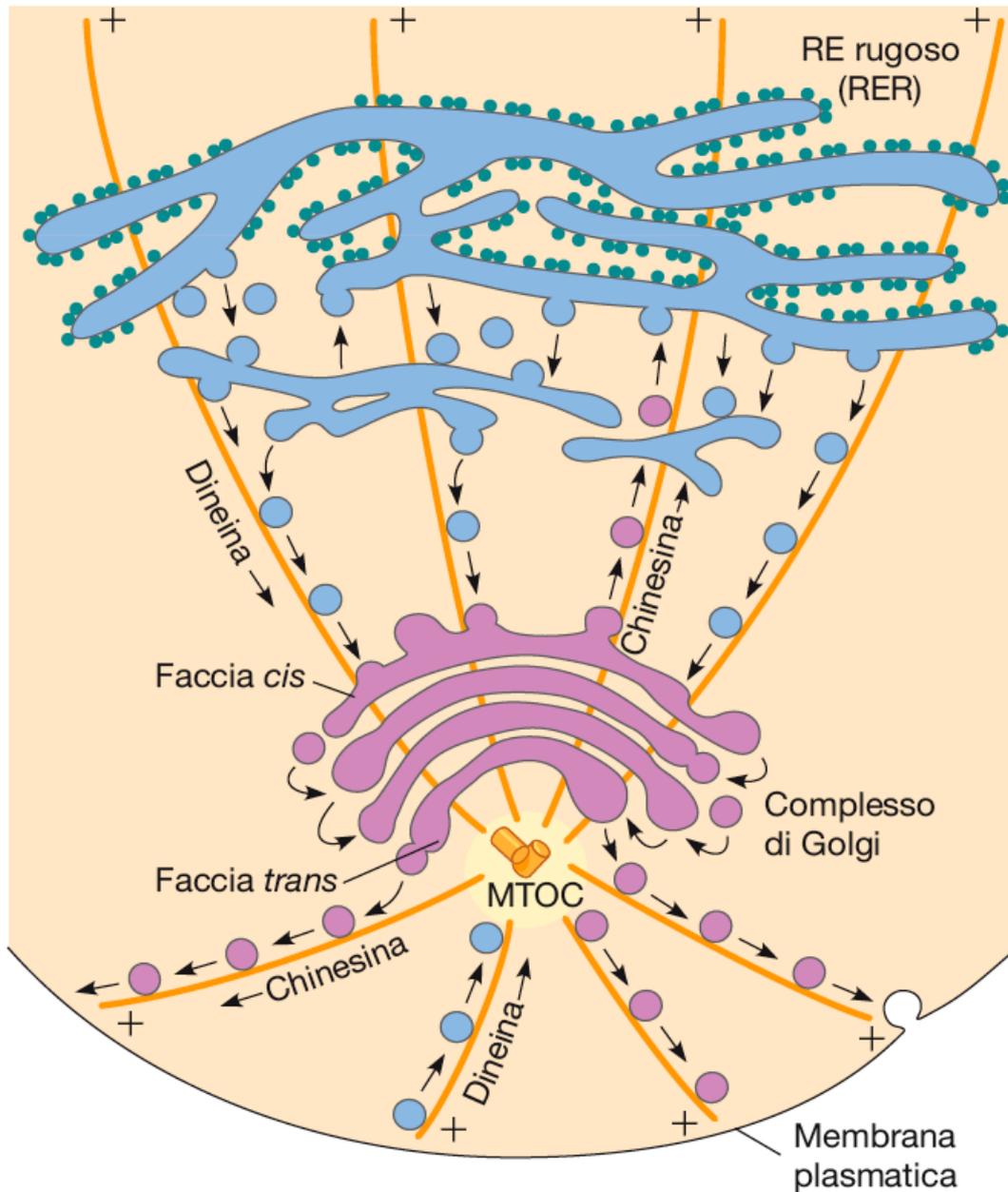
FILMATO

FIGURA 9.15 La chinesina. (a) Struttura della molecola di chinesina convenzionale, che è formata da (1) due catene pesanti avvolte l'una sull'altra a spirale nella regione dello stelo e da (2) due catene leggere legate alla parte terminale delle catene pesanti. Le teste che generano forza si legano al microtubulo e la coda al materiale da trasportare. Con una massa molecolare di circa 380 kDa, la chinesina è considerevolmente più piccola delle altre proteine motrici, miosina (miosina muscolare, 520 kDa) e dineina (più di 1000 kDa). (b) Diagramma schematico del movimento di una molecola di chinesina lungo un binario microtubulare. Nel modello "mano a mano" qui illustrato le due teste effettuano movimenti identici ma alternati. Questo tipo di movimento è simile a quello di una persona che attraversa un prato camminando lungo un percorso lineare di pietre sporgenti. Come nella cam-

FILMATO

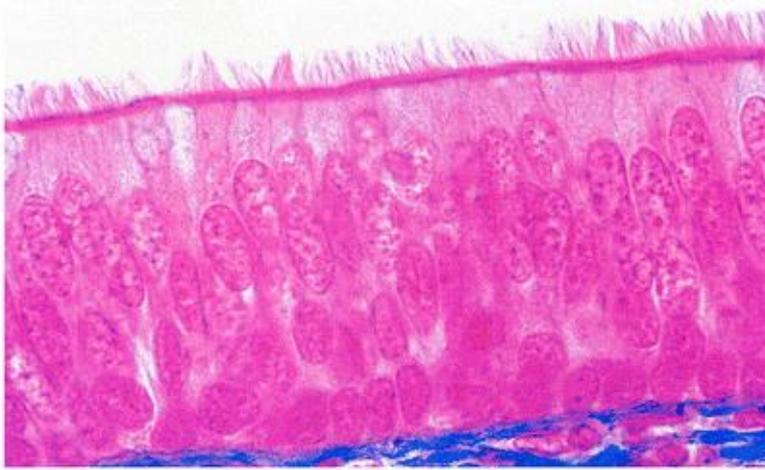


(b)



**Microtubuli e
proteine motrici**
determinano il traffico
di vescicole nella
cellula eucariota

FILMATO



Sezione di epitelio cigliato di trachea

Le ciglia vibratili

I microtubuli formano la struttura interna di **ciglia e flagelli** delle cellule eucariote e, insieme a proteine motrici, generano il loro movimento



cellule cigliate
cellule mucipare

Sezione di trachea osservata al SEM. Colori artificiali

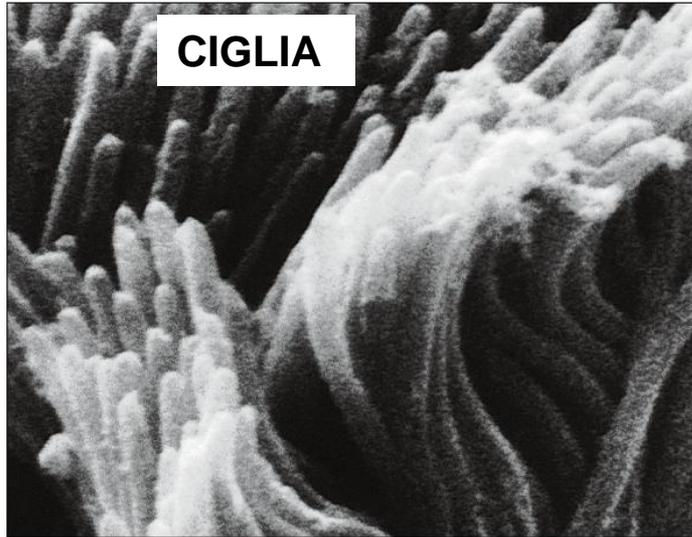


cellule cigliate
cellule mucipare

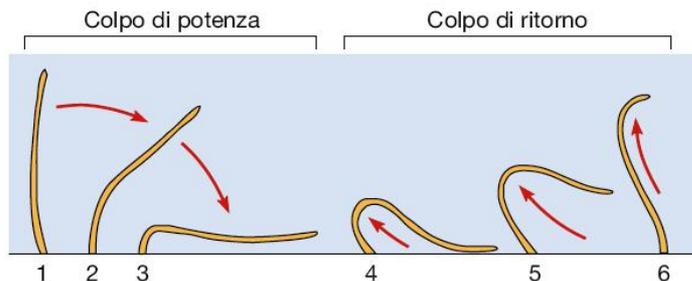
Sezione di tube uterine osservata al SEM. Colori artificiali

Ciglia e flagelli hanno basi strutturali comuni e differiscono solo nella lunghezza relativa (stesso diametro), nel numero per cellula e nella modalità di battito.

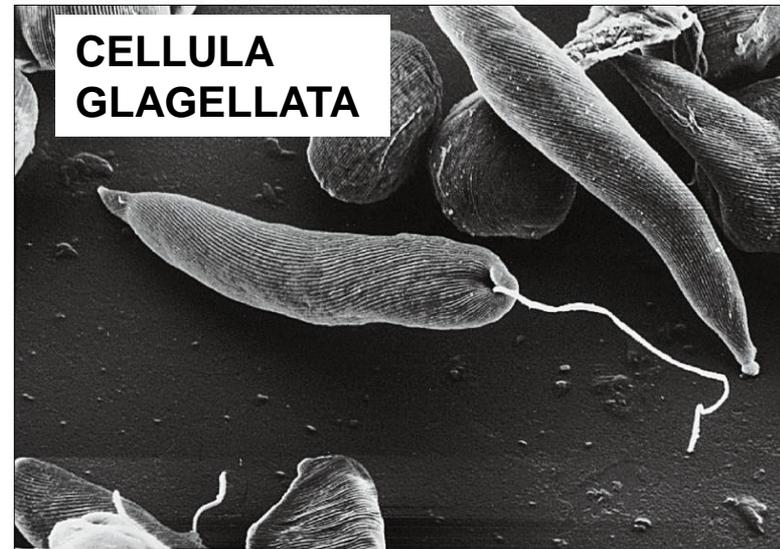
Le ciglia possiedono un battito a “remo” con un colpo di potenza perpendicolare al ciglio, in genere le ciglia di una cellula mostrano un battito coordinato.



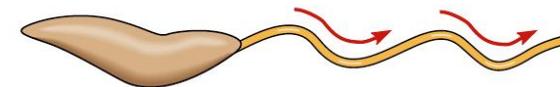
(a) Ciglia su una cellula di trachea di mammifero | 1 μm



(b) Battito di un ciglio

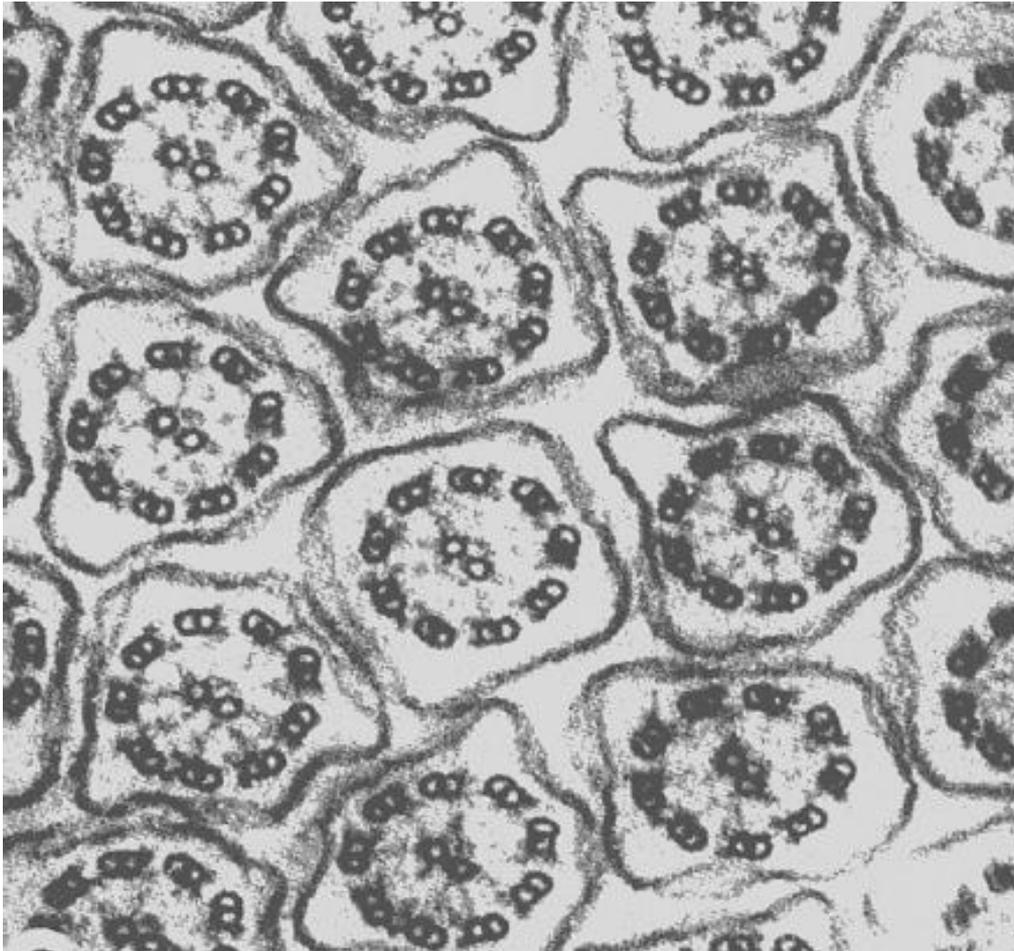


(c) Flagello dell'alga unicellulare *Euglena* | 1 μm



(d) Movimento di una cellula flagellata

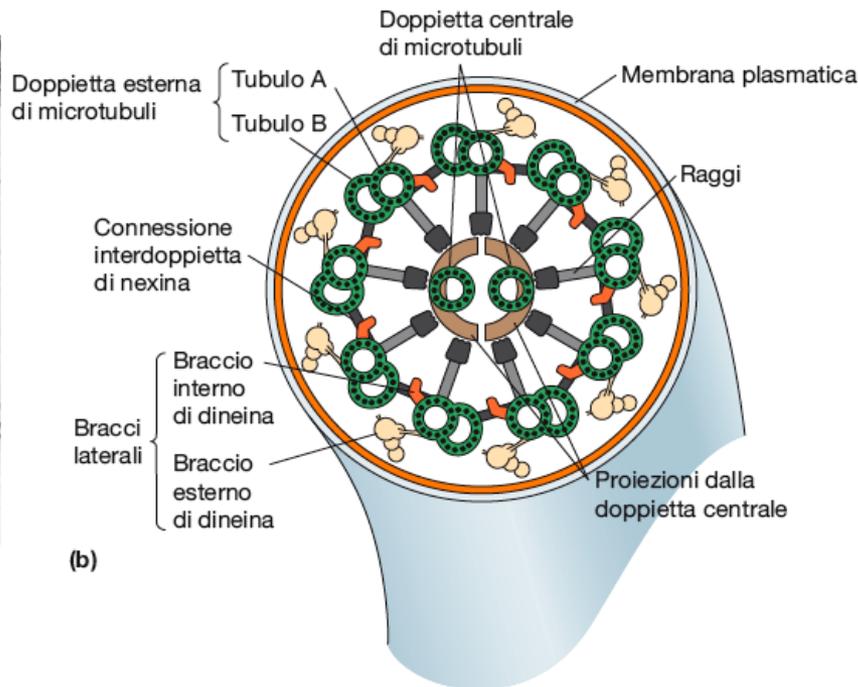
I flagelli si muovono con un movimento ondulatorio, inducendo una forza propulsiva che fa spostare la cellula in un fluido



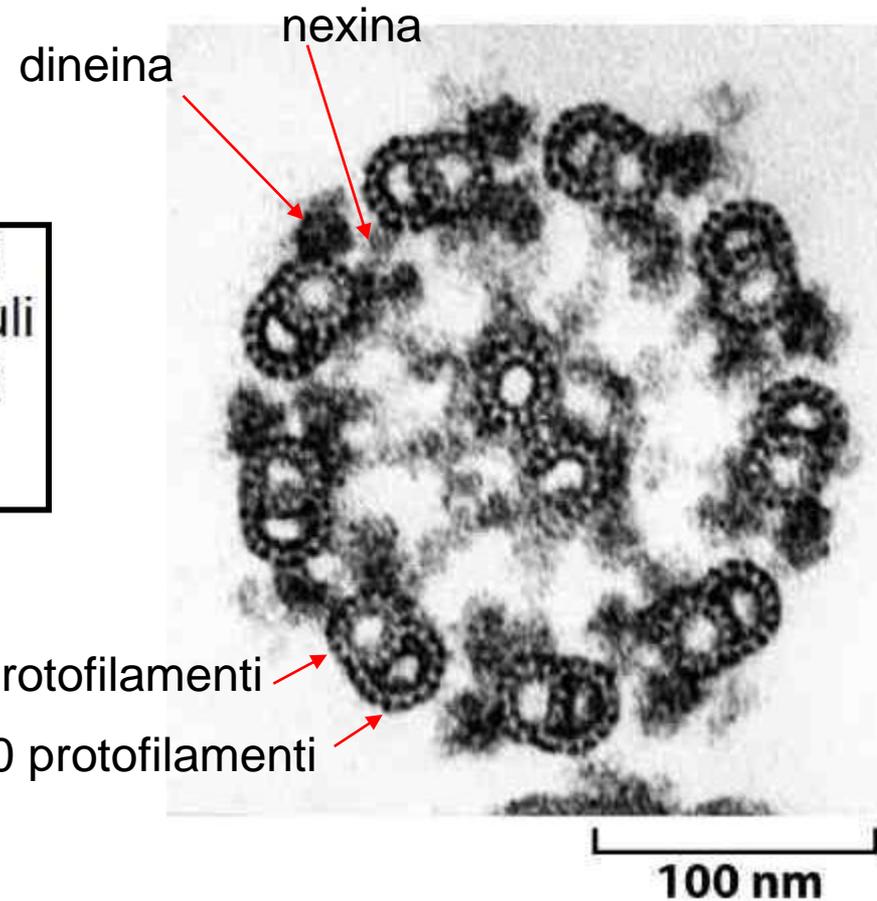
Sezione trasversale di ciglia al ME: un sistema ordinato di microtubuli, circondato da **membrana plasmatica**.
Quindi le ciglia sono **strutture “intracellulari”**

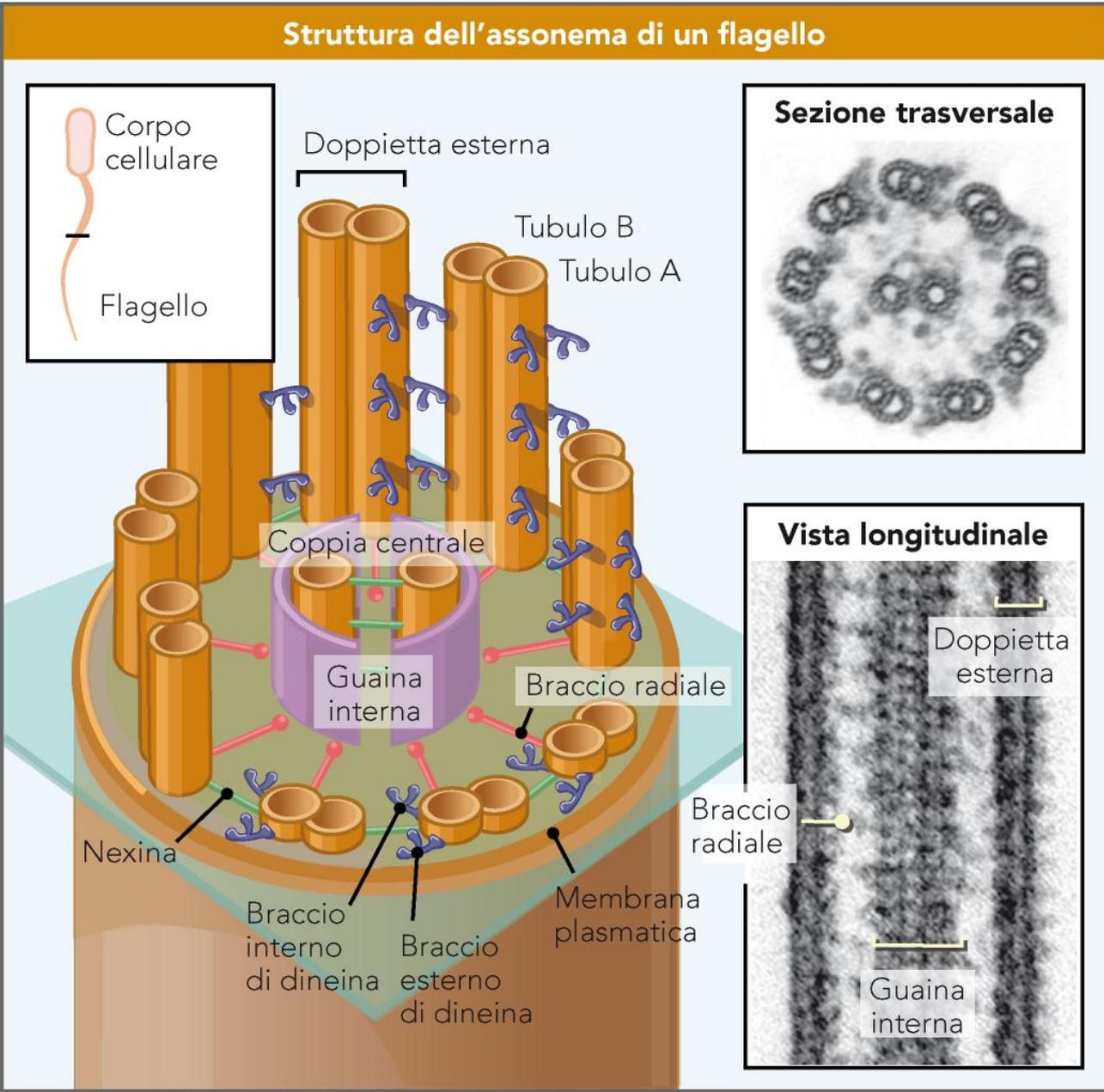
Struttura delle ciglia e dei flagelli

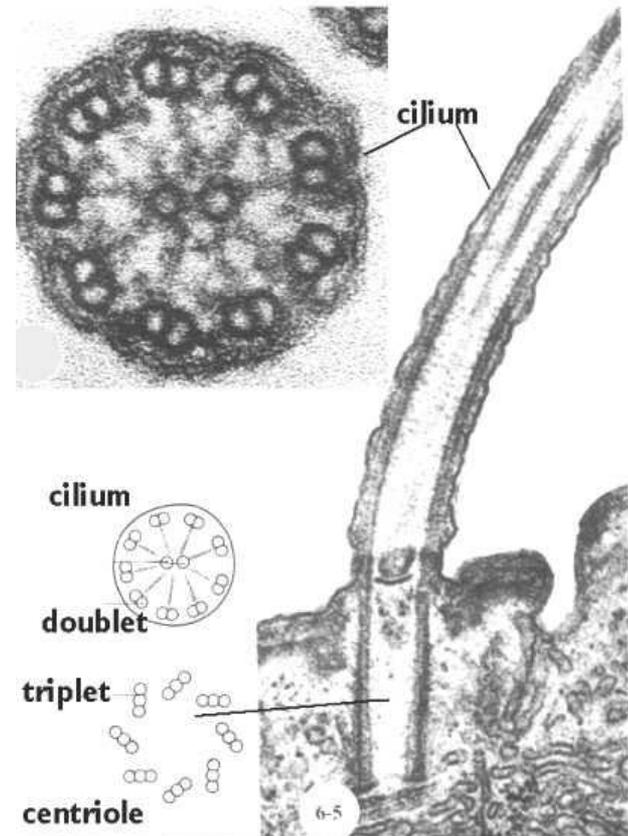
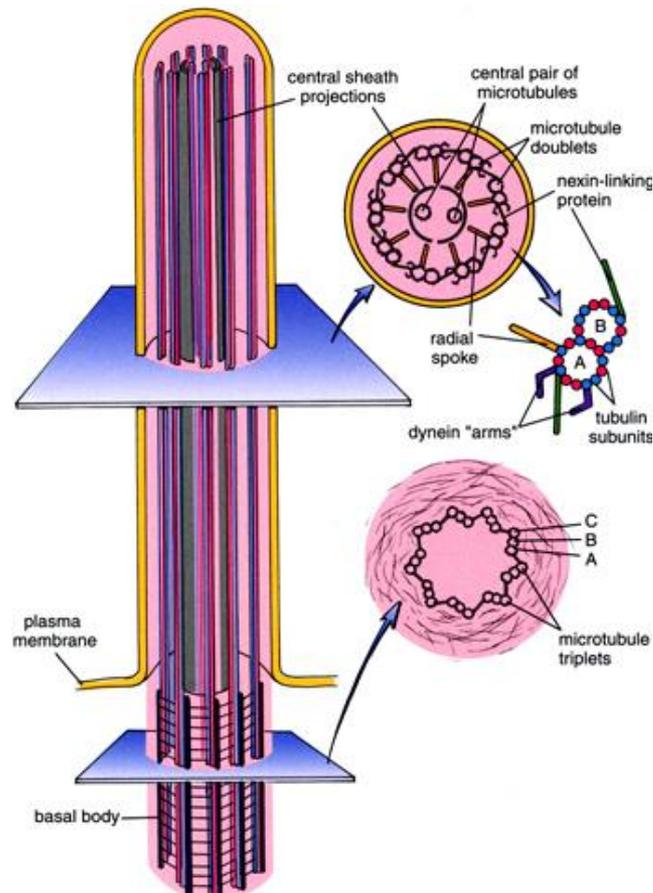
Ciglia e flagelli sono costituiti da un **assonema** rivestito da membrana



- 9 coppie di microtubuli periferici + 2 microtubuli centrali: struttura 9 + 2 (assonema)





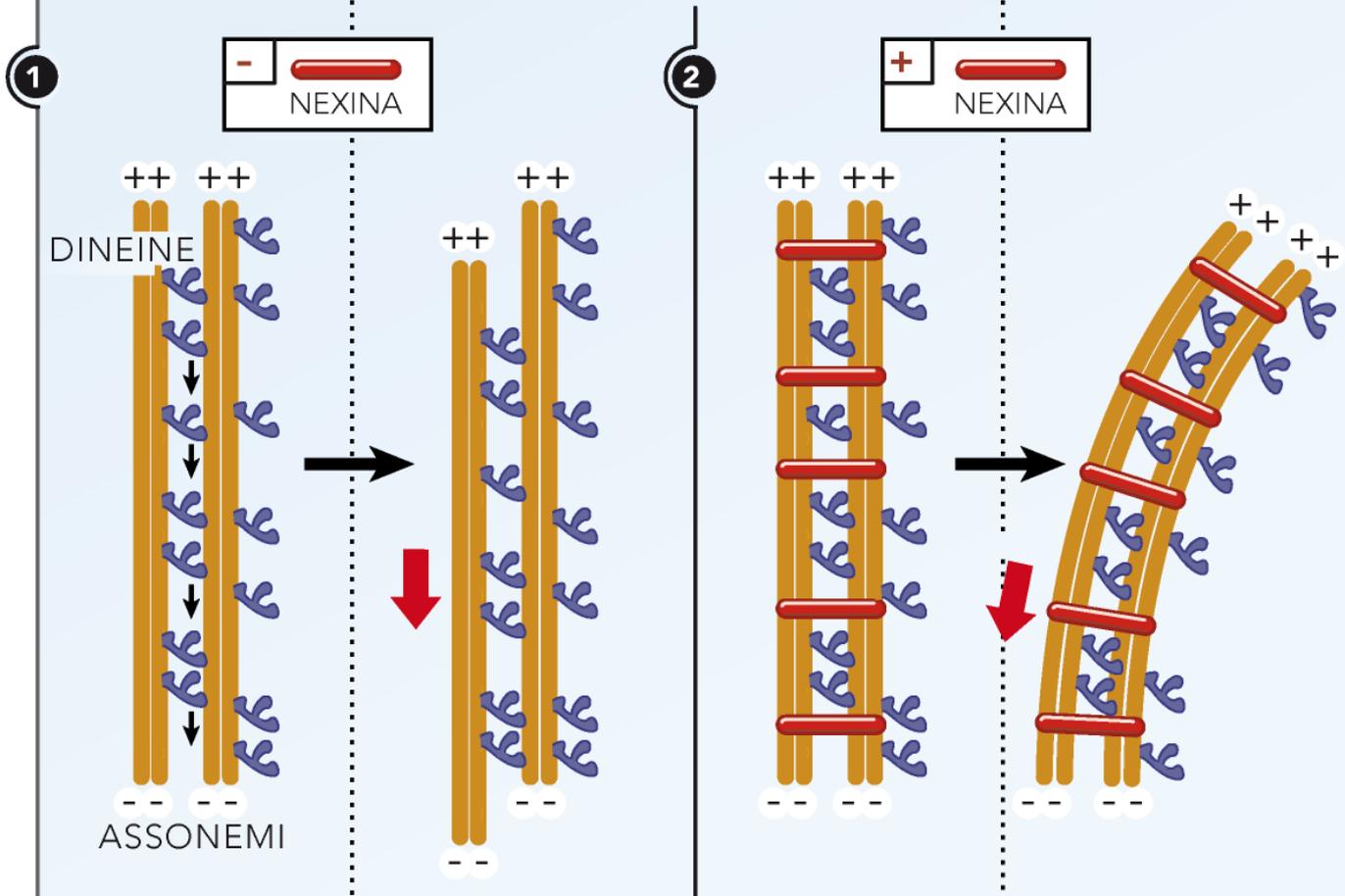


Alla base di ciglia e flagelli si trova un **corpo basale**, formato da **9 gruppi di 3 microtubuli**, identico ai centrioli presenti nei centri organizzatori dei microtubuli

Cosa causa la flessione di ciglia e flagelli?

- Scorrimento delle doppiette adiacenti, mediato da braccia di dineina
- Non è libero ma è condizionato da ponti di nexina e raggi di connessione
- Le forze che si sviluppano durante lo scorrimento fanno inclinare il ciglio e ne spiegano il movimento

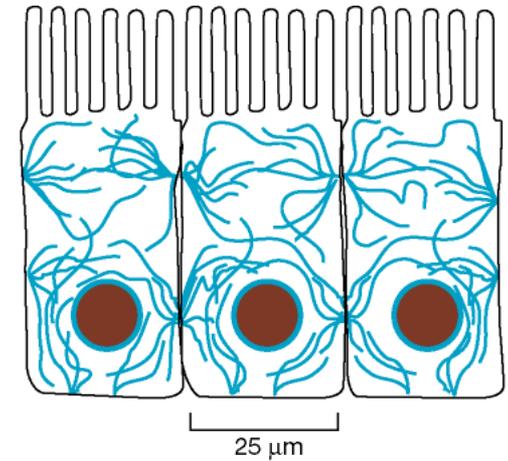
Il movimento di un assonema



In assonemi isolati privi della proteina di legame nexina, l'attività della dineina provoca lo scorrimento delle doppiette esterne

In un flagello intatto, le connessioni formate dalle nexine tra le doppiette producono la flessione delle doppiette quando le dineine sono attive

Filamenti intermedi



FILAMENTI INTERMEDI

CITOPLASMATICI

NUCLEARI

cheratine

vimentina
e simili

neurofilamenti

lamine nucleari

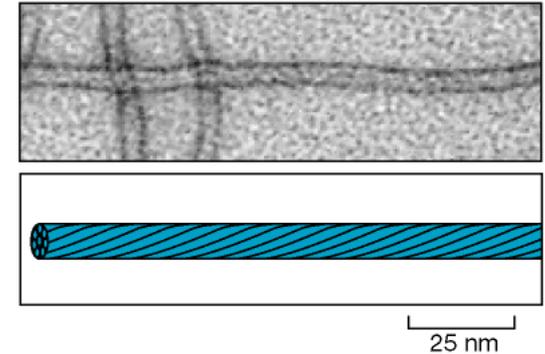
negli epitelii

nel tessuto
connettivo
e nelle cellule
dei muscoli
e della glia

nelle cellule
nervose

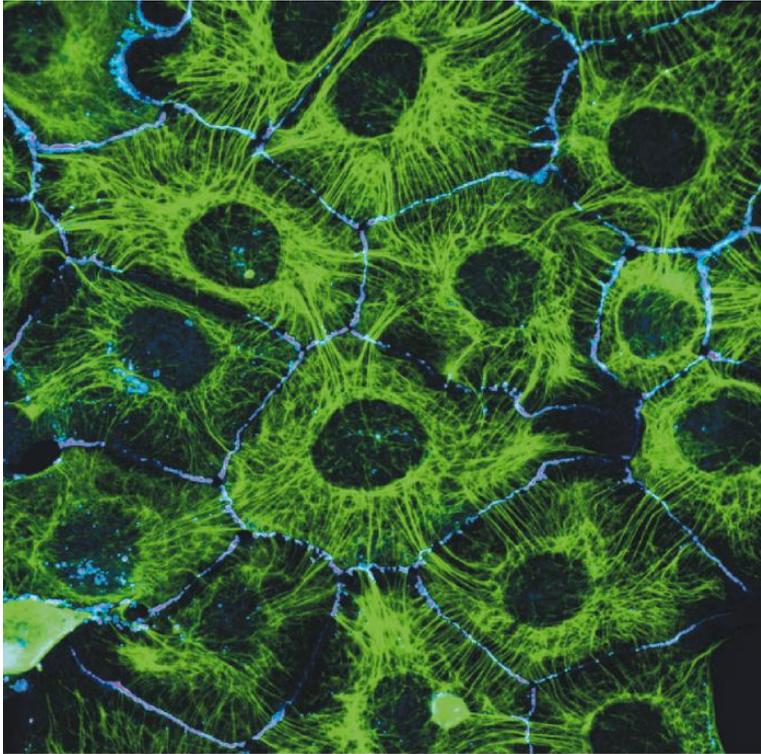
in tutte
le cellule animali

FILAMENTI INTERMEDI



I **filamenti intermedi** sono fibre simili a corde del diametro di 10 nm circa; sono costituite dalle proteine dei filamenti intermedi, una grande famiglia di molecole piuttosto eterogenea. I filamenti intermedi di un certo tipo formano un tessuto subito sotto la membrana nucleare, che si chiama lamina nucleare. Altri tipi si estendono nel citoplasma, irrobustendo le cellule e distribuendo le sollecitazioni meccaniche cui va soggetto il tessuto epiteliale; a questo scopo attraversano tutto il citoplasma da una giunzione cellulare all'altra. (Foto al microscopio gentilmente concessa da R. Quinlan.)

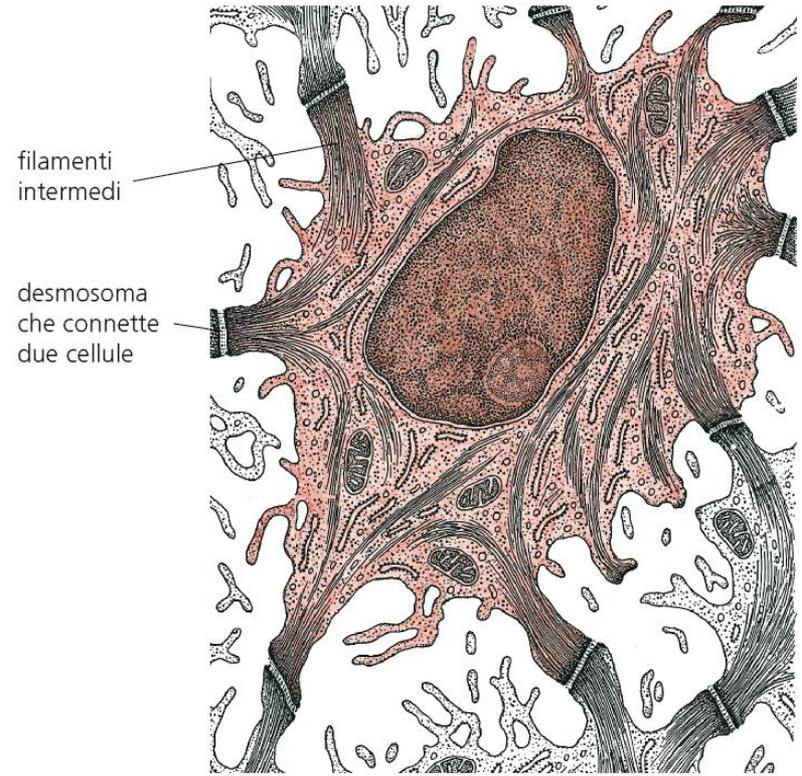
I filamenti formano una rete robusta e stabile nel citoplasma delle cellule



(A)

10 μm

Immunofluorescenza per la cheratina in cellule epiteliali in coltura



filamenti intermedi

desmosoma che connette due cellule

(B)

5 μm

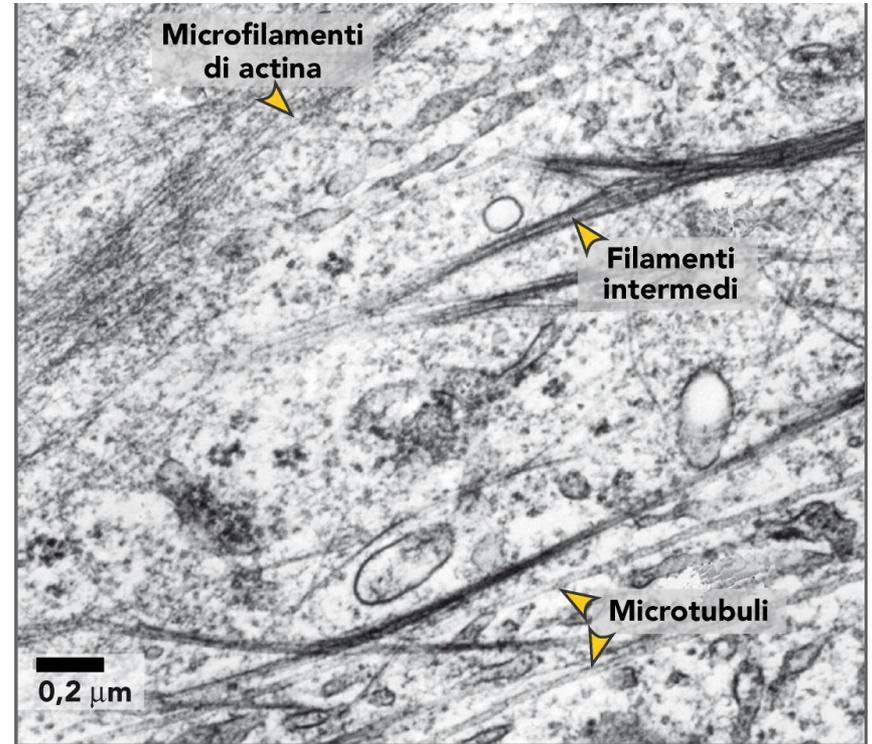
Disegno di cellula epidermica ricavato da un immagine al ME

Varietà dei filamenti intermedi

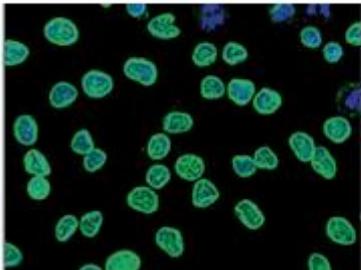
- 6 diversi tipi di proteine fibrose, con distribuzione tessuto specifica:

- CHERATINA
- VIMENTINA
- DESMINA
- PROTEINA ACIDA FIBRILLARE DELLA GLIA GFAP
- PROTEINE DEI NEUROFILAMENTI NF
- NESTINA
- LAMINA NUCLEARE (nucleare, in tutte le cellule)

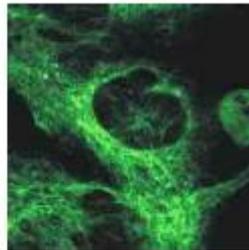
Tessuto
specifiche
citoplasmatiche



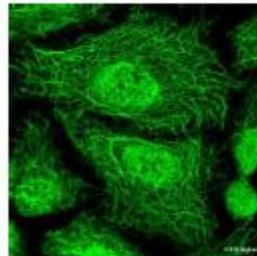
Lamina B



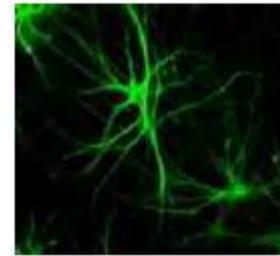
vimentina



citocheratina



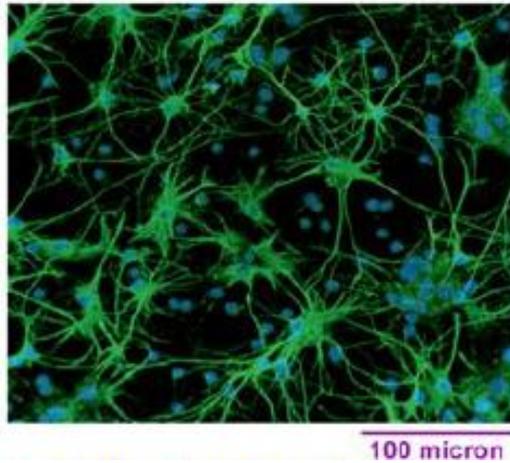
GFAP



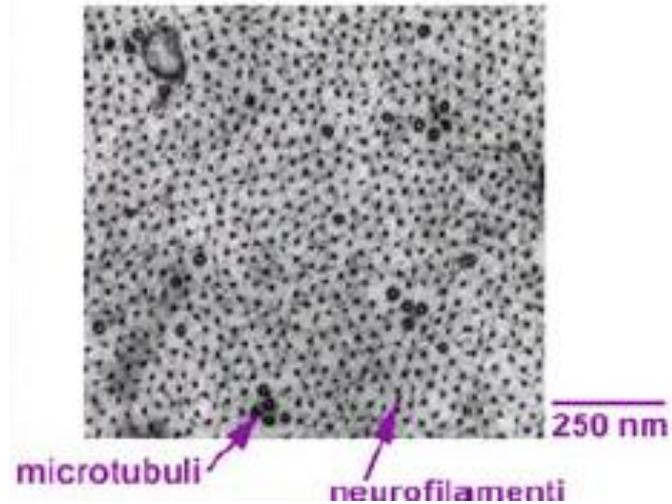
neurofilamenti



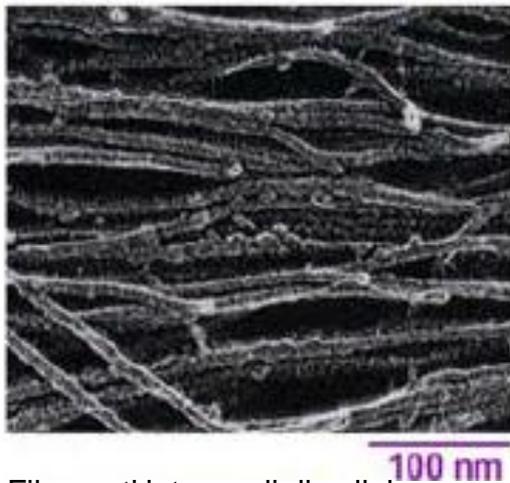
Filamenti intermedi nelle cellule del tessuto nervoso



Immunofluorescenza per filamenti gliali (GFAP+) in astrociti in coltura



Sezione trasversale di assone osservata al TEM

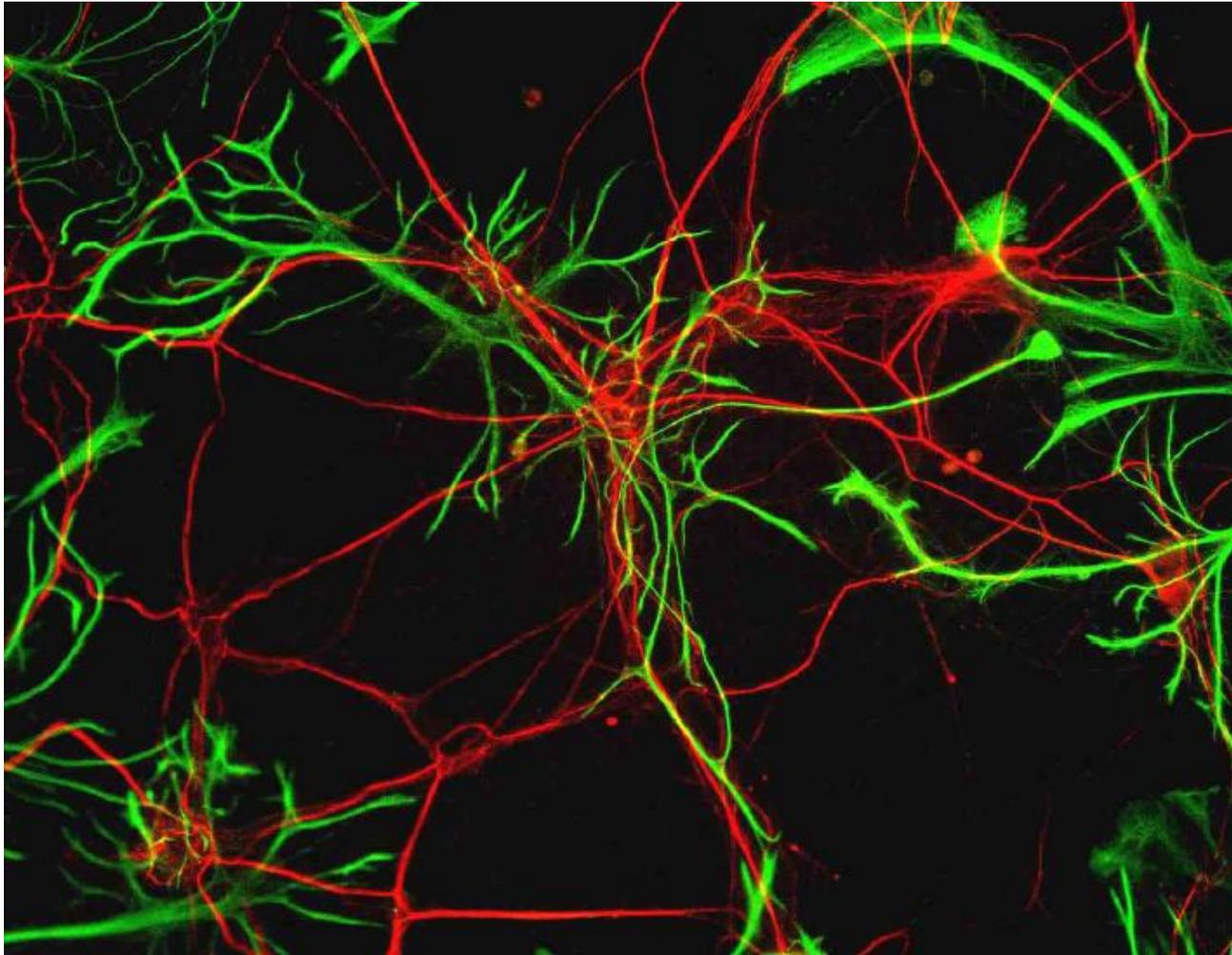


Filamenti intermedi di cellule gliali in sezione longitudinale

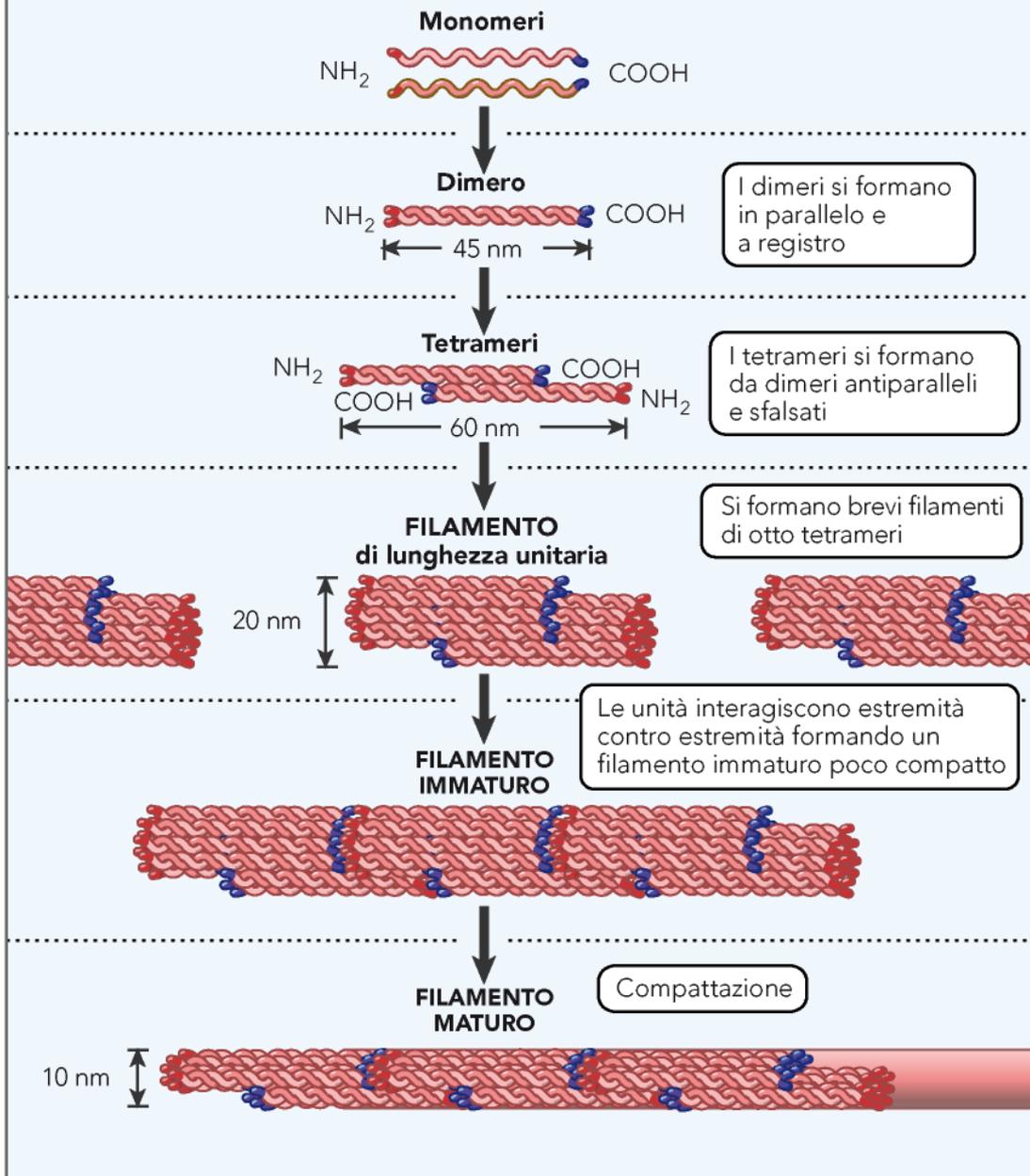


Neurofilamenti di assone in sezione longitudinale

- Anti-neurofilamenti (cellule neuronali)
- Anti-GFAP (cellule gliali)



Assemblaggio dei filamenti intermedi

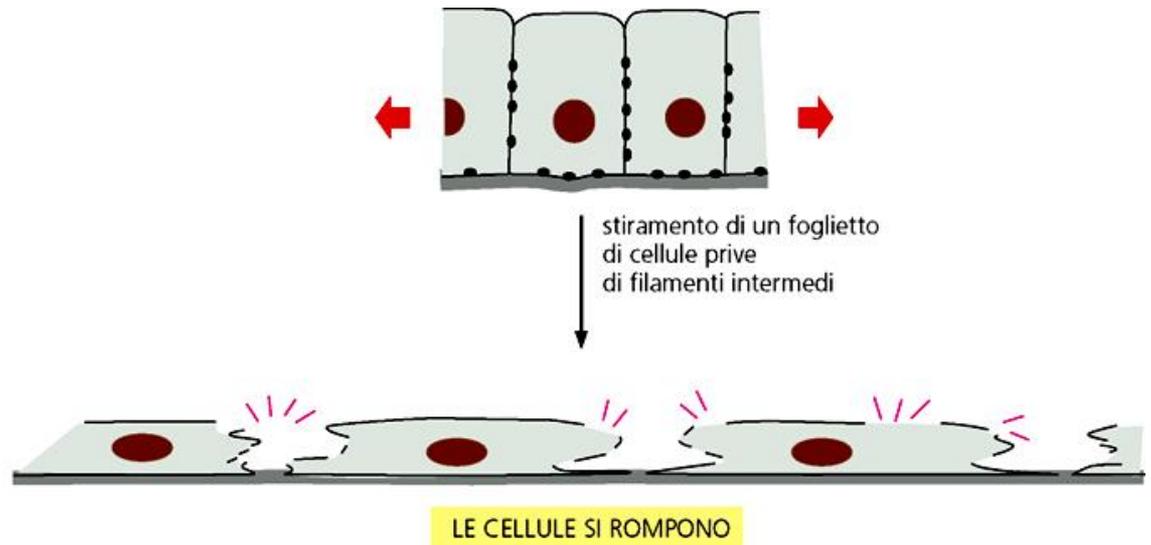
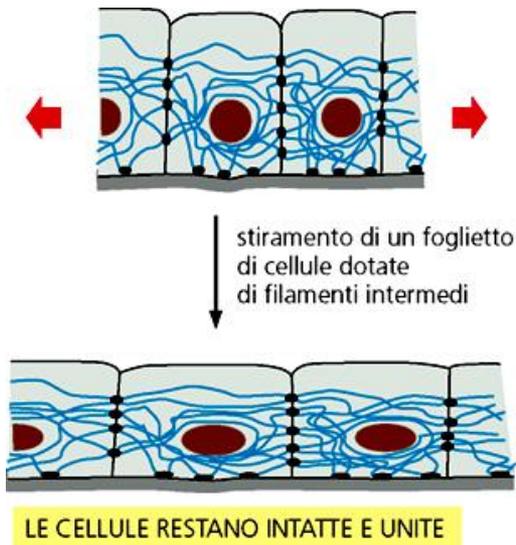


Struttura e assemblaggio dei filamenti intermedi

Tutte le proteine dei filamenti intermedi sono **fibrose** (anziché globulari come la tubulina e l'actina).

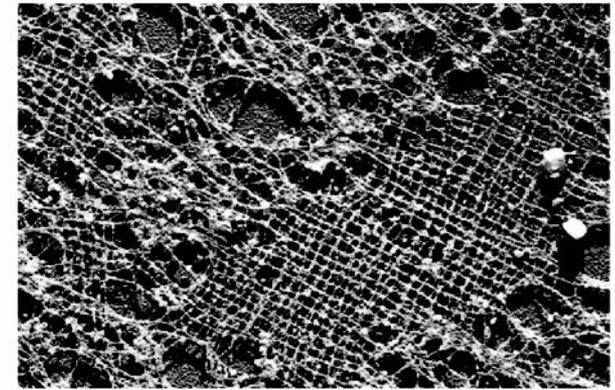
La struttura dei filamenti intermedi conferisce **resistenza meccanica ai tessuti**

I filamenti intermedi rafforzano le cellule animali



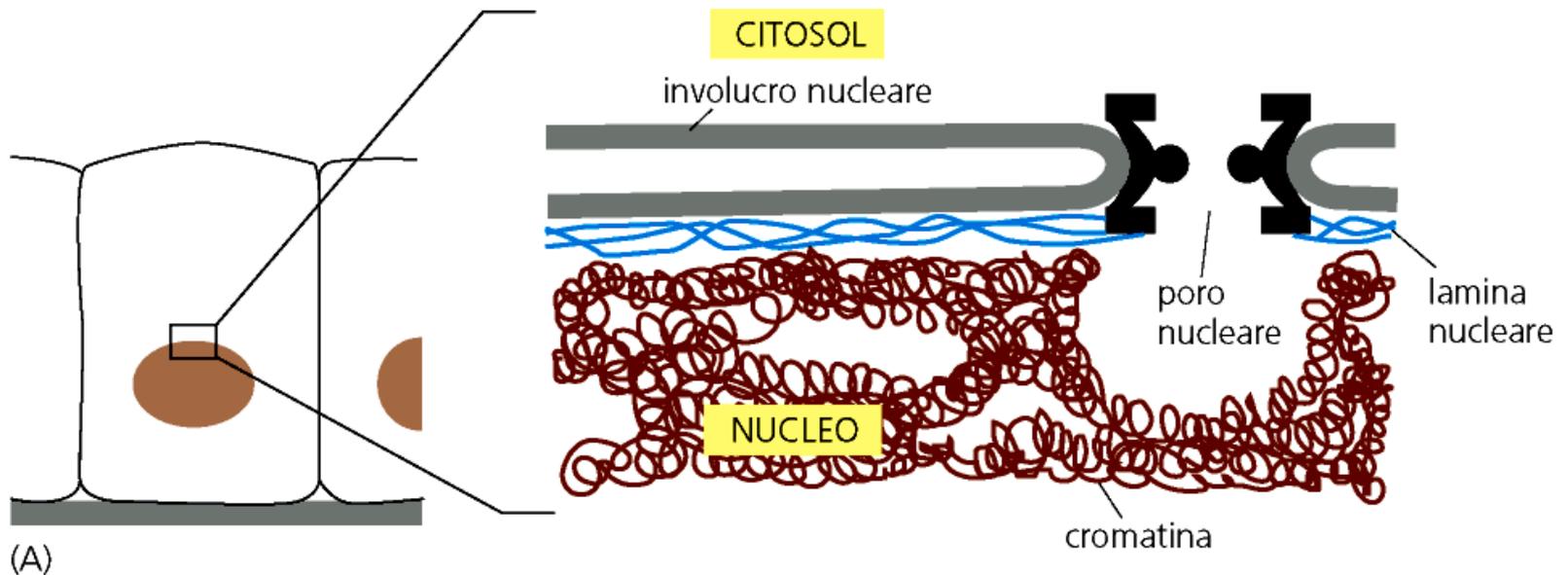
L'involucro nucleare è sostenuto e rinforzato da filamenti intermedi

Durante la divisione cellulare l'involucro nucleare si disgrega in seguito alla disgregazione della **lamina nucleare** indotta dalla fosforilazione delle lamìne



(B)

1 μm



(A)

Le diverse classi di elementi citoscheletrici interagiscono tra loro e cooperano

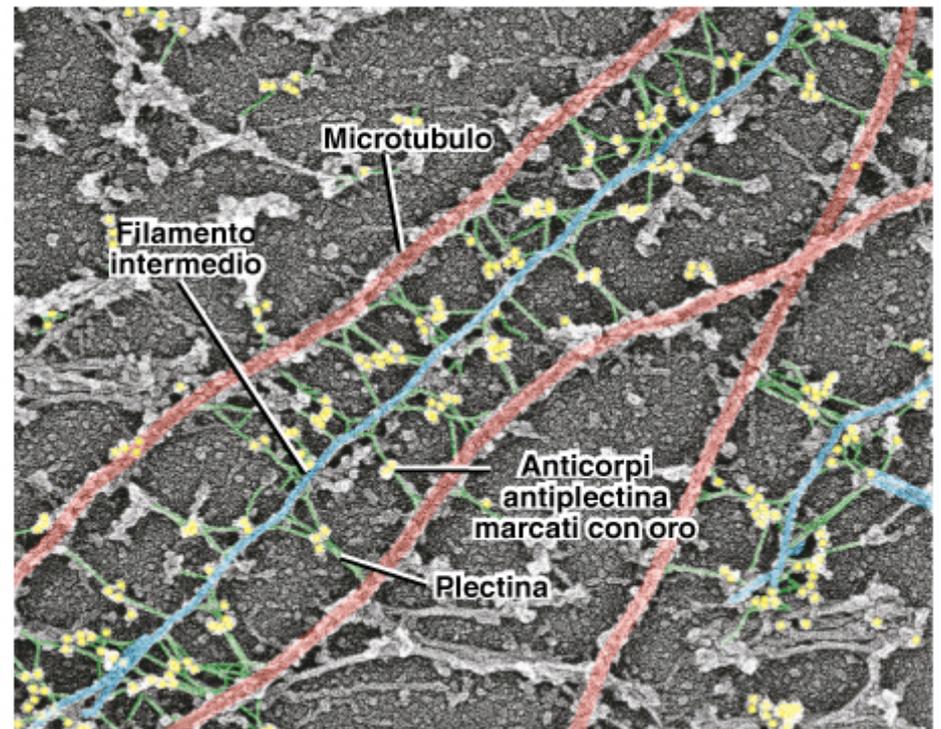
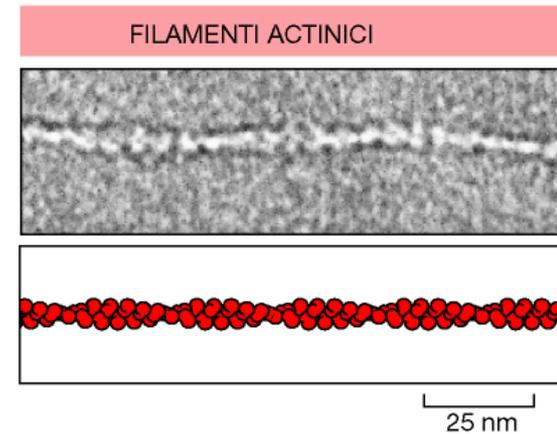
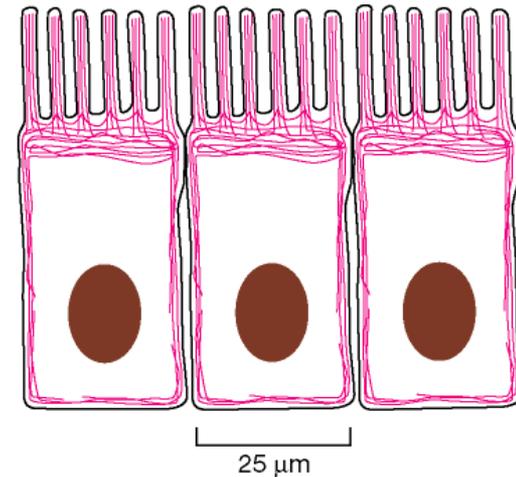


FIGURA 9.40 Gli elementi del citoscheletro sono connessi tra loro da ponti trasversali proteici. Micrografia elettronica della replica di una piccola porzione del citoscheletro di un fibroblasto, dopo rimozione selettiva dei filamenti di actina. I singoli componenti sono stati colorati artificialmente per renderne più facile la visualizzazione. Si vede che i filamenti intermedi (blu) sono connessi ai microtubuli (rosso) da lunghi ponti trasversali formati dalla proteina fibrosa plectina (verde). La plectina è stata localizzata con anticorpi legati a particelle d'oro (giallo). (PER GENT. CONC. DI TATYANA SVITKINA E GARY BORISY).

MICROFILAMENTI

- Costituiti da actina (5% delle proteine totali della cellula)
- Il monomero è la G-ACTINA: proteina globulare
- In presenza di **ATP e Mg⁺⁺** polimerizza in filamenti (F-ACTINA) contenenti singole molecole di G-actina avvolte a doppia elica e orientate nella stessa direzione (N.B. anche i microfilamenti sono polarizzati)
- **6 isoforme diverse** di actina con distribuzione specifica in cellule differenti



I **filamenti actinici** (noti anche come *microfilamenti*) sono polimeri elicoidali di una proteina, l'actina. Si presentano come strutture flessibili, del diametro di circa 7 nm, e si organizzano in tutta una serie di fasci lineari, reti bidimensionali e gel tridimensionali. Pur trovandosi sparsi per tutta la cellula, i filamenti di actina si concentrano particolarmente nel *cortex*, subito al di sotto della membrana plasmatica. (Foto al microscopio gentilmente concessa da R. Craig.)